

生物圏科学  
Biosphere Sci.  
52 : 9–14 (2013)

## スズキに捕食された稚アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の由来判別

占部敦史<sup>1)</sup>・海野徹也<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup> 高知県水産振興部宿毛漁業指導所, 〒788-0265 高知県宿毛市小筑紫町湊208-16

<sup>2)</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

**要 旨** 広島県沼田川下流域でスズキに捕食された稚アユの由来判別を, 耳石結晶化および耳石 Sr/Ca 比を指標に行った。稚アユ7個体のうち, 3個体は耳石の結晶化が認められたことから人工放流種苗とした。正常な耳石を有していた4個体の耳石 Sr/Ca 比分析を行ったところ, 3個体が人工放流種苗で, 天然遡上は1個体となった。結局, 稚アユ7個体の由来は, 天然遡上が1個体で, 6個体は放流された人工放流種苗と考えられた。耳石形状や Sr/Ca 比分析は, 外敵に捕食された稚アユの由来判別に有効であると考えられた。

**キーワード**: アユ, 胃内容物, 耳石 Sr/Ca 比, スズキ, 由来判別

### 緒 言

広島県沼田川は県内でも良好なアユ漁場として知られ, 中上流域を占める東広島市のアユは地域の特産品として重宝されている。同河川の下流から中流域にかけては魚類の遡上を完全に遮断するような河川横断建造物はなく, 天然遡上したアユの一部は中流域において漁業資源となっている (広島県三原土木建設事務所, 1999; 広島県尾三地域事務所, 2003; 山本ら, 2008)。また, 沼田川の上流域には福富ダムや椋梨ダムが存在するものの, 椋梨ダム湖 (白竜湖) の流入河川である椋梨川には陸封アユが自生し (山本ら, 2008), それらは遊漁資源として利用されている。

このように, 沼田川は天然の遡上アユや陸封アユが豊富であるものの, それら天然資源の年変動は激しい。そのため, 放流事業による資源添加は欠かせないものになっており, 例年, 人工種苗が放流されている。今後, 沼田川におけるアユ資源の持続的利用のためには, 資源添加が期待できる人工放流種苗の生残率を高めることが重要な課題と言える。

放流後の人工放流種苗の生残率を左右する要因としては, 種苗の質, 河川的环境や収容力, 各種疾病の発生状況などがあげられるが (片野ら, 2011), 人工放流種苗の食害は直接的な減耗要因である (井口ら, 2008; 片野ら, 2011; 杉浦ら, 2012; 坪井, 2013)。沼田川下流域の汐止堰から河口にかけては, 春先に遡河するスズキのルアー (疑似餌) 釣りの人気エリアになっている。遊漁者らの情報では, これらのスズキは稚アユを捕食するための摂餌回遊型であり, 釣獲魚の胃から稚アユが高頻度に見いだされるといふ。このように, 下流域に回遊してきたスズキは稚アユの食害生物の1つであるが, それらの稚アユの由来が天然遡上アユなのか, 人工放流種苗なのかは不明である。そこで本研究では, 沼田川下流域で釣獲されたスズキの胃内からみつかった稚アユの由来を, 耳石ストロンチウム / カルシウム比 (Sr/Ca 比) 分析によって明らかにした。

### 材料および方法

#### 供試魚と放流実績

広島県の中央部に位置する沼田川は, 主に東広島市を貫流し, 三原市を経て瀬戸内海に注ぐ, 流路長47.8km,

流域面積540km<sup>2</sup>の二級河川である。同河川の2011年度の放流実績は約1tで、すべて同一の種苗生産施設から入手したものであった。種苗サイズは体重8~9gで、中上流域を管轄する沼田川漁業協同組合による放流尾数は700kg(約7万8千尾)、主に下流域を管轄する本郷沼田川漁業協同組合の放流尾数は300kg(約3万3千尾)であった。

分析に供した稚アユは、2011年4~6月に河口から約5km上流に位置する汐止堰(宝橋付近)で(Fig. 1)、ルアー釣りによって釣獲された複数個体のスズキの胃から摘出されたものである。遊漁者らより入手した稚アユは9個体で、全長約60~80cmのスズキの胃より摘出された後に家庭用冷蔵庫内で凍結保存されていた。得られた稚アユについては、体長および体重を測定した。ただし、捕食や消化などにより魚体の破損が認められた個体が大半を占めた(Fig. 2)。

各種アユから耳石の摘出を試みたところ、9個体中、7個体より耳石を摘出することができた。このうち3個体については結晶化(井塚, 2001; Tao et al., 2008)が認められた(Table 1)。結晶化を呈した耳石は日周輪の形成が認められないか、もしくは不規則で(海野ら, 2005)、耳石 Sr/Ca 比のチャートパターンも変

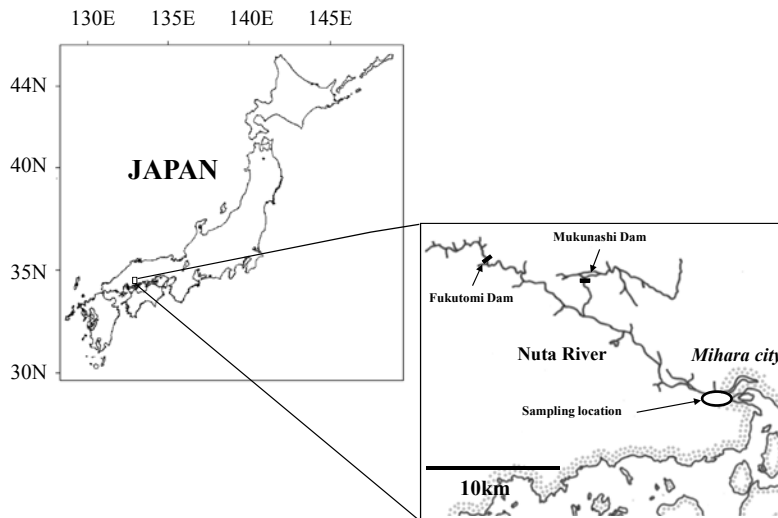


Fig. 1. Map showing sampling location of predatory Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* in the Nuta River, Hiroshima Prefecture.



Fig. 2. Juvenile ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* from the stomach of Japanese seabass.

化が認められないため（海野ら, 2005; Tao et al., 2007), 以下の分析は行わなかった。

### 耳石 Sr/Ca 比分析

正常な耳石形状を有していた4個体より偏平石を摘出し, 耳石の凸面が上になるようにスライドガラス上に置き, これをエポキシ樹脂 (Epofix, Struers 社製) で包埋した。包埋後, 耳石の核が露出するまで耐水研磨紙 (#1200~2400) で研磨し (Struers S5629), 最終的に1 $\mu$ m のダイヤモンドペーストで研磨面を鏡面仕上げした。表面にカーボン蒸着を施した試料を波長分散型マイクロアナライザー (日本電子製 JXA-8200型, 日本電子) に供した。Sr/Ca 比分析は耳石中心から後部縁辺に至る線上で線分析を行い, 発育に伴う耳石上のカルシウムとストロンチウムの濃度変化を調べた。

分析条件は既報 (海野ら, 2001) に準じ, カルシウムとストロンチウムの X 線強度の濃度変化 (重量%) は, それぞれ CaSiO<sub>3</sub> および SrTiO<sub>3</sub> を標準試料に用いて検量線を作成した。カルシウムに対するストロンチウムの濃度比は10<sup>3</sup>倍したものを Sr/Ca 比とした。

### 結果および考察

スズキの胃内から確認された9個体の稚アユうち, 2個体は頭部の破損が激しく, 耳石を摘出することができなかった。残り7個体のうち, 3個体には左右の耳石に形態異常である結晶化が認められた。この耳石の結晶化は, 天然遡上アユではごく希にしか認められないのに対し, 人工種苗に高頻度で確認されている (井塚, 2001; Tao et al. 2008)。よって, 左右の耳石が結晶化していた3個体は人工種苗と断定した (Table 1)。

Table 1. Biological parameters, otolith morphology, otolith Sr/Ca ratio profiling and results of stock discrimination of prey ayu from stomach of Japanese seabass in the Nuta River

Fish I.D.	Total length (cm)	Body weight (g)	Number of clystallized otolith (n)	Sr: Ca profiling	Stock discrimination
1	10.1	8.4	0	hatchery	hatchery
2	11.5	10.2	1	hatchery	hatchery
3	9.5	5.5	2	-	hatchery
4	8.7	7.7	2	-	hatchery
5	9.2	8.6	0	hatchery	hatchery
6	6.5	3.5	0	amphidromous	amphidromous
7	7.9	5.9	2	-	hatchery

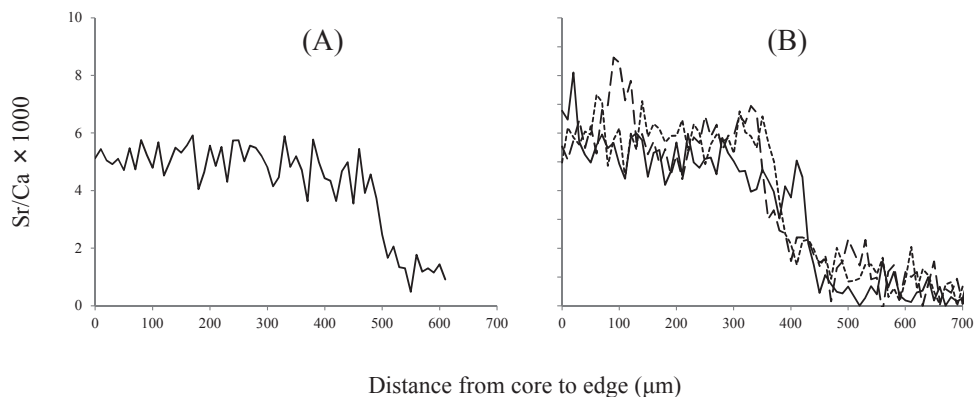


Fig. 3. Life history profiling using the otolith Sr/Ca concentration ratio on a sagittal otolith of juvenile ayu. Chart pattern A and B are correspondence to amphidromous and hatchery-stocked ayu, respectively.

正常な耳石を有していた4個体の Sr/Ca 比には、2つのチャートパターンが確認された (Fig 3)。まず、1個体から確認されたパターン A は中心から500~600 $\mu\text{m}$  まで Sr/Ca 比が4~6前後を推移し、その後、急激に1~2前後まで減少した (Fig 3A)。3個体から確認されたチャートパターン B は、中心から400 $\mu\text{m}$  まで Sr/Ca 比が4~9前後を推移し、その後急激に1~2前後まで減少した (Fig 3B)。Sr/Ca 比が減少する耳石半径に注目すれば、沼田川産の天然遡上アユでは半径は500~600 $\mu\text{m}$  の範囲であるのに対し、人工放流種苗では半径は300 $\mu\text{m}$  前後である (山本ら, 2008)。そのため、チャートパターン A を有していた個体は天然遡上アユであり、チャートパターン B を有していた3個体は人工放流種苗と判別することができた。

耳石の形状および Sr/Ca 比分析の結果、沼田川下流域で釣獲されたスズキの胃から確認された稚アユ7個体は、6個体が人工放流種苗で、1個体が天然アユと判別され、天然遡上アユの割合が圧倒的に低くなった。本研究とは調査年度や流域などが異なるが、沼田川では漁業貢献していたアユのうち約40%が天然遡上アユという報告 (山本ら, 2008) もあることから、同河川の天然遡上アユの資源量は決して少なくはないと思われる。検体数が少ないものの、人工放流種苗が選択的にスズキに捕食された可能性がある。放流直後の人工放流種苗は群れやすく、外敵に対する警戒心がないため、容易にスズキに捕食されたのかもしれない。一方、沼田川の人工種苗の放流はスズキの遡河範囲 (汐止堰) より上流で行われている。よって、スズキに捕食されていた人工放流種苗は、放流後に下流へと流下した個体である。質的に劣る人工放流種苗は、放流地点より下流に移動する傾向があり (塚本ら, 1979; Tsukamoto and Uchida, 1990), こうした人工放流種苗がスズキに選択的に捕食された可能性もある。

一般に、放流直後の人工種苗は、カワウ (井口, 2008; 坪井, 2013) やオオクチバス (杉浦・田口, 2012) などに捕食されていることが知られている。本研究では、それら以外に、在来魚であるスズキによる食害が確認できた。広島県農林水産統計年報によれば、広島県下においてスズキの漁獲量は1993年より増加している (中国四国農政局広島統計情報事務所, 2002)。今後、アユの放流を実施する際には、スズキを含め、様々な捕食者の存在を考慮する必要がある。

最近、胃内容物の DNA 解析によって、形態的に分類が困難な生物種を同定する技術が発達している (Rosel and Kocher, 2002; Carreon et al., 2011; Chelsky et al., 2011; 杉浦・田口, 2012)。放流事業においては、ヒラメ放流種苗を捕食した可能性のある各種生物の胃内容物の DNA 鑑定が行われ、捕食の実体が明らかにされている (Saito et al., 2003)。アユにおいても、DNA 鑑定によって放流種苗の捕食の実体のみならず、由来や履歴も特定できる可能性もある。ただし、アユの場合、高感度 DNA マーカーを用いても由来判別が不可能な個体もある (占部ら, 2013)。さらに、下顎側線孔数や側線横列上方鱗数などの計数形質によってアユの由来判別が可能であるが (石田, 1988; 清田, 2002), 外傷が激しい検体では困難であろう。これに対して、本研究では骨組織である耳石を用い、稚アユの履歴判別を行った。応用には頭部が損傷していないなどの制約もあるが、捕食者の胃内容物として見いだされた稚アユの履歴判別に有効であることが示唆された。

## 謝 辞

本研究に際して、東広島市沼田川漁業協同組合長 (当時) の中村和夫氏には試料収集など、多大なるご協力を頂いた。また、本研究で行った耳石 Sr/Ca 比分析は広島大学自然科学研究支援開発センターの電子プロンプマイクロナライザーを使用した。この場を借りて御礼申し上げる。

## 引用文献

- Carreon-Martinez, L., Johnson, T. B., Ludsins, S. A., Heath, D. D., 2011. Utilization of stomach content DNA to determine diet diversity in piscivorous fishes. *Journal of Fish Biology*, **78**: 987-1282.
- Chelsky Budarf, A., Burfeind, D. D., Loh, W. K. W., Tibbetts, I. R., 2011. Identification of seagrasses in the gut of a marine herbivorous fish using DNA barcoding and visual inspection techniques. *Journal of Fish Biology*, **79**: 112-121
- 中国四国農政局広島統計情報事務所, 2002. 広島県の漁業, 漁業地区別累年統計表, 昭和50年~平成12年

- (1975~2000). 中国四国農政局広島統計情報事務所. 広島.
- 広島県三原土木建設事務所. 1999. 沼田川水系沼田川広域河川改修に伴う業務委託報告書: pp.43.
- 広島県尾三地域事務所. 2003. 沼田川水系沼田川河川維持修繕に伴う業務委託一沼田川魚道利用状況調査(片山頭首工): pp.28.
- 井口恵一郎・坪井潤一・鶴田哲也・桐生 透. 2008. 放流アユ種苗を食害するカワウの摂餌特性. *水産増殖*. **56**: 415-422.
- 石田力三. アユの生態と釣り. 1988. つり人社. 東京.
- 井塚 隆. 2001. 海産アユと人工採苗アユの耳石形態の差異について. *神水研報*. **6**: 11-19.
- 片野修・海野徹也・谷口順彦. 2011. アユの科学と釣り—美しい川とアユを願って. 学報社. 東京.
- 清田季義. 2002. 海産人工生産アユの下顎側線孔の欠損について. *熊本県水産研究センター研報*. **5**: 39-41.
- Rosel, P. E., Kocher, T. D., 2002. DNA-based identification of larval cod in stomach contents of predatory fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **267**: 75-88.
- Saitoh, K., Takagaki, M. and Yamashita, Y., 2003. Detection of Japanese flounder-specific DNAs from gut contents of potential predators in the field. *Fisheries Sciences*, **69**: 473-477.
- 杉浦省三・田口貴史. 2012. 琵琶湖野田沼周辺におけるオオクチバスとブルーギルの胃内容物と糞中 DNA による摂餌生態の推定. *日本水産学会誌*. **78**: 43-53.
- Tao, M., Kuroki, M., Michael, J. M., Ishida, R., Tsukamoto, K. 2008. Morphology and microchemistry of abnormal otoliths in the ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Environmental Biology of Fishes*, **83**: 155-167.
- 坪井潤一. 2013. 空飛ぶ漁師カワウとヒトとの上手な付き合い方—被害の真相とその解決策を探る—(ベルソープックス042). 成山堂書店. 東京.
- 塚本勝己・益田信之・森由基彦・梶原 武. 1979. 放流時における人工種苗アユの分散—Ⅲ 湖産種苗アユとの比較. *日本水産学会誌*. **45**: 1365-1370.
- Tsukamoto, K. and Uchida, K. 1990. Spacing and jumping behavior of ayu *Plecoglossus altivelis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**: 1383-1392.
- 海野徹也・清家暁・大竹二雄・西山文隆・柴田恭宏・中川平介. 2001. 耳石微量元素分析による広島県太田川サツキマスの回遊履歴の測定. *日本水産学会誌*. **67**: 647-657.
- 海野徹也・清家 暁・高塚 順・平野美穂・中川平介・大竹二雄・石井紀明・後藤悦郎. 2005. 耳石 Sr/Ca 比およびアロザイムによる島根県斐伊川産アユの生態学的研究. *水産増殖*. **53**: 175-180.
- 占部敦史・谷口順彦・野口大毅・海野徹也. 2013. 広島県成羽川におけるアユの個体別系統判別とその組成. *日本水産学会誌*. **79**: 840-850.
- 山本香菜子・高山 翔・海野徹也・古澤修一・柴田恭宏・中村和夫. 2008. 耳石 Sr/Ca 比による広島県沼田川水系の天然遡上アユと陸封アユの判別. *広島大学大学院生物圏科学研究科紀要*. **47**: 35-40.

**Stock discrimination for juvenile ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* from stomach of field-caught Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* in the Nuta River, Hiroshima Prefecture**

Atsushi Urabe<sup>1)</sup> and Tetsuya Umino<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University,  
1-4-4 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-8528, Japan

<sup>2)</sup> Present address: Kochi Prefectural Fisheries Extension Station,  
Sukumo, Kouch 788-0265, Japan

**Abstract** Stock discrimination study for juvenile ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis* from stomach of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* in the Nuta River estuary was conducted using prey otolith morphology and Sr/Ca profiling. Out of 7 individuals, 3 individuals identified as hatchery-stock ayu that had crystallized otolith. Based on the Sr/Ca profiling for 4 individuals that have normal otolith, 1 individual was identified as an amohidromous form and 3 individuals were identified as hatchery-stock ayu. The results showed that otolith-based approaches could provide insight into stock discrimination for even highly digested ayu that have lost all phenotypic characteristics.

**Key words:** ayu, otolith Sr/Ca ratio, seabass, stock discrimination, stomach content